

Oponentský posudek disertační práce Mgr. Zdeňka Pekárka

Pokročilé techniky modelování ve fyzice nízkoteplotního a vysokoteplotního plazmatu

Předložená disertační práce spadá do oblasti počítačového modelování plazmatu metodou particle-in-cell. Autor se zabýval nalezením pomalých míst výpočtu, přičemž hlavním se ukázalo být řešení Poissonovy rovnice. Vytvořil vylepšenou rychlou verzi řešiče vhodnou svými vlastnostmi pro metodu PIC a spolupodílel se na jejím praktickém použití při modelování především v plazmatu tokamaku, konkrétně interakce plazmatu se stěnou a několika typů sond.

Práce je sepsána v angličtině v rozsahu 125 stran. Je rozdělena do 8 kapitol a 2 příloh s bohatým seznamem odkazů na literaturu o 71 položkách.

Po úvodu se stručným přehledem kapitol se druhá kapitola věnuje nástinu problematiky. Začíná plazmatem, sondovou diagnostikou, některými aplikacemi plazmatu, metodami modelování a dospívá až k popisu metody PIC. Kapitola třetí uvádí přehled metod řešení parciálních diferenciálních rovnic, především však Poissonovy rovnice.

Kratičká kapitola 4 vymezuje cíle disertační práce, které lze zhruba shrnout do tří bodů

1. Nalézt slabá místa PIC modelů.
2. Vytvořit výkonnější alternativy těchto částí.
3. Vytvořit knihovnu a spolupracovat při jejím použití při modelování konkrétních praktických problémů.

V páté kapitole se autor věnuje na příkladě modelu stejnosměrného doutnavého výboje v argonu měření rychlosti výpočtu. Místo iteračních metod použil efektivnější přímou metodu LU dekompozice a vyzkoušel ji na 2 modelech tunelové sondy. Kapitola šestá představuje vylepšenou multigridovou metodu kombinovanou s přímým LU řešičem na hrubé úrovni a popisuje C++ knihovnu, kterou pro její použití naprogramoval. V sedmé kapitole jsou uvedeny příklady použití vyvinuté knihovny. Postupně jsou to model vzájemného působení okrajového plazmatu tokamaku s dlaždicemi limiteru, model Katsumatovy a iontově sensitivní sondy a pole Langmuirových sond. Ve dvou přílohách pak autor vysvětluje použití jednak pokročilejší multigridové knihovny a také jednodušší knihovny s přímým řešičem Poissonovy rovnice.

Disertační práce je sepsaná na výborné grafické úrovni, jak by se dalo očekávat od kombinace fyzika a programátora v jedné osobě. Výjimkou budiž přetečení odstavce v českém abstraktu. K angličtině rovněž nemohu mít výhrady. K obsahové stránce mám následující poznámky a dotazy:

Kapitola 2 je jak autor sám píše náhledem do široké problematiky, zákonitě je často velmi stručná. Příkladem budiž 2.1.2 o srážkách, ačkoliv v titulu práce je i nízkoteplotní plazma, ale tím se autor, kromě analýzy rychlosti výpočtu na začátku kapitoly 5, nezabýval. Tato stručnost je kompenzována mnoha odkazy na literaturu.

Je zřejmé, že autor je tvůrcem prezentované vylepšené metody řešení Poissonovy rovnice. Není však jasně vymezeno, jakým způsobem se podílel na modelech uvedených v kapitole 7.

Na straně 34 se uvádí, že obecným pravidlem je použití kartézské sítě a i knihovna je takto koncipována. Pochopil jsem správně, že kartézská síť byla použita i v modelu tunelové sondy s válcovou symetrií na straně 61 dole? Popis problematiky převodu obecně křivočarých okrajových podmínek na straně 84 tomu nasvědčuje. Existují však i kódy, které používají např. válcovou geometrii. Proto se nabízí otázka, zda by knihovna šla použít i s válcovými souřadnicemi nebo zda by šla pro jejich použití upravit.

Na stranách 53 a 54 nejsou uvedeny téměř žádné informace o experimentu z obr. 5.1, text je zde nadměru stručný a heslovitý.

Na straně 77 se nejprve říká, že dvojitá přesnost je často potřeba kvůli derivování při výpočtu elektrické intenzity. Dále v práci se ale píše, že jednoduchá přesnost při výpočtu potenciálu dostačuje. Přitom použitá knihovna BLAS zase používá dvojitou přesnost. Z pohledu experimentu by byl obrovský úspěch, kdyby model s měřením souhlasil třeba na 1 %. Proto se nabízí otázka jaká přesnost je tedy při výpočtu zapotřebí?

Jako možný námět k diskusi uvádím i souvislost zjednodušení 1d a 2d modelu s konceptem superčástic v modelu 3d, která je zmíněna na straně 34 v pátém odstavci.

Disertační práce Mgr. Zdeňka Pekárka přináší výkonnou knihovnu pro časově kritické místo v modelech PIC, kterým je řešení Poissonovy rovnice. Její výbornou funkčnost a rychlost je doložena při jejím použití za spolupráce autora s dalšími počítačovými fyziky při modelování interakce plazmatu se stěnou tokamaku a několika typů sond.

Autor prokázal tvůrčí schopnosti a předložená práce splňuje požadavky kladené na disertační práci. Práci doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 23. dubna 2012

doc. Mgr. Pavel Kudrna, Dr.